

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

**RENDERING METHOD AND DEVICE, GAME DEVICE AND COMPUTER
READABLE RECORDING MEDIUM STORING PROGRAM FOR
RENDERING STEREOSCOPIC MODEL**

Patent Number: JP2001084396
Publication date: 2001-03-30
Inventor(s): HASEGAWA TAKESHI; IMAI HITOSHI
Applicant(s): SQUARE CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001084396 (JP01084396)
Application Number: JP19990260046 19990914
Priority Number(s):
IPC Classification: G06T15/00 ; A63F13/00 ; G06T17/00 ; G06F17/40
EC Classification:
Equivalents: JP3231029B2

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rendering method for realizing the colors of a cell animation tone as one example of unrealistic rendering.

SOLUTION: In a stereoscopic model plotting processing, perspective transformation and light source calculation are performed to a polygon of a stereoscopic model (S25). Then, lightness at the respective vertexes of the polygon is calculated (S27). Also, the plotting color of the polygon is calculated for each lightness range defined beforehand (S29). The plotting color can be calculated and stored beforehand. Then, one of the lightness ranges defined beforehand is selected (S31). Then, when the lightness of respective pixels inside the polygon is within the selected lightness range, the pixels are plotted by the plotting color corresponding to the selected lightness range (S33). The lightness range is changed and the processings S31 and S33 are repeated (S35). When the processings from S25 to S35 are executed for all the polygons, the images of the cell animation tones are generated.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-84396

(P2001-84396A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テークコード* (参考)
G 0 6 T 15/00		G 0 6 F 15/72	4 5 0 A 2 C 0 0 1
A 6 3 F 13/00		A 6 3 F 13/00	D 5 B 0 5 0
G 0 6 T 17/00		G 0 6 F 15/62	3 5 0 A 5 B 0 8 0
G 0 6 F 17/40		15/74	3 3 0 C

審査請求 有 請求項の数18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-260046

(22) 出願日 平成11年9月14日 (1999.9.14)

(71) 出願人 391049002

株式会社スクウェア

東京都目黒区下目黒1丁目8番1号

(72) 発明者 長谷川 豪

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株式会社スクウェア内

(72) 発明者 今井 仁

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株式会社スクウェア内

(74) 代理人 100103528

弁理士 原田 一男

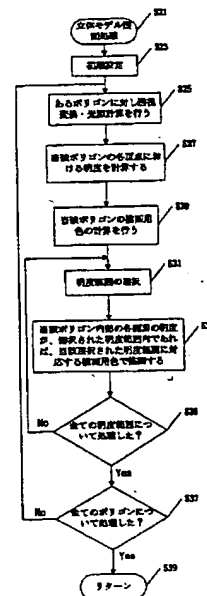
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンダリング方法及び装置、ゲーム装置、並びに立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】

【課題】非写実的なレンダリングの一例としてセルアニメ調の彩色を実現するためのレンダリング手法を提供すること。

【解決手段】立体モデル描画処理において、立体モデルのポリゴンに対し透視変換・光源計算を行う (S25)。そして当該ポリゴンの各頂点における明度を計算する (S27)。また、当該ポリゴンの描画用色を予め定義された明度範囲ごとに計算する (S29)。この描画用色を予め計算し記憶しておいても良い。次に予め定義された明度範囲のうち一つを選択する (S31)。そして、ポリゴン内部の各画素の明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で当該画素を描画する (S33)。このS31及びS33を明度範囲を変更して繰り返す (S35)。全てのポリゴンについてS25からS35までの処理を実施すれば、セルアニメ調の画像が生成できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、

明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第1ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第2ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項2】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、

前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップと、

を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項3】 前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに含み、

前記第2ステップが、

前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項4】 前記第1ステップ以前に、前記各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第4ステップをさらに含み、

前記第2ステップが、

前記第1ステップで選択された明度レベルに対応付けられた色を、前記選択された明度レベルに対応する基準明

度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色として前記画素を描画するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項5】 前記第1ステップ以前に、前記ポリゴンの各頂点における明度を、前記立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに含むことを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項6】 前記第5ステップが、

前記ポリゴンの各頂点の明度を、各頂点の法線ベクトル及び光源情報に基づいて導出し、設定するステップであることを特徴とする請求項5記載のレンダリング方法。

【請求項7】 前記第1ステップが、

予め定義された2又は3の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項8】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、

ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、

明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記計算手段で計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する描画手段と、

を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項9】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、

前記選択手段により明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段と、

を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項10】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定され

ている明度に基づき前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、
明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第1ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第2ステップと、

を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項11】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、

前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップと、

を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項12】 前記プログラムが、前記コンピュータに、

前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに実行させるためのプログラムであり、
前記第2ステップが、
前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップであることを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項13】 前記プログラムが、前記コンピュータに、

前記第1ステップ以前に、前記各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第4ステップをさらに実行させるためのプログラムであり、

前記第2ステップが、

前記第1ステップで選択された明度レベルに対応付けられた色を、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色として前記画素を描画するステップであることを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項14】 前記プログラムが、前記コンピュータに、

10 前記第1ステップ以前に、前記ポリゴンの各頂点における明度を、前記立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに実行させるためのプログラムであることを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、

コンピュータと、

20 前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有し、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算機能と、

明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記計算機能により計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する描画機能と、

を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【請求項16】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、

コンピュータと、

40 前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有し、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択機能と、
前記選択機能で明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点における明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色

に基づき色で当該画素を描画する描画機能と、
を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【請求項17】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、

コンピュータと、

前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、
コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、

前記読み出されたプログラムに従って、ポリゴン毎に、
ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、

前記読み出されたプログラムに従って、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記計算手段により計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する描画手段と、
を有することを特徴とするゲーム装置。

【請求項18】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、

コンピュータと、

前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、
コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、

前記読み出されたプログラムに従って、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、

前記読み出されたプログラムに従って、前記選択手段で明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点における明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づき色で当該画素を描画する描画手段と、

を有することを特徴とするゲーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、仮想空間内の立体モデルをレンダリングする方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、コンピュータ・グラフィックス（CG）に関する技術は急速な進歩を遂げている。研究

されているCG技術の多くは、いかにして、より写実的なレンダリングを行うかというものである。これらの技術により、より写実的な画像が表現されるようになってきている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、これら写実的なレンダリング技術が用いられる一方で、近年では非写実的なレンダリング（non-photorealistic rendering）、すなわち手書き風の画像をCGで生成する技術も望まれている。

【0004】 例えばセルアニメーション（cel animation、以下セルアニメと言う。）において、キャラクターの様々な状態の画像を人間の手で作成する場合には大きな手数がかかる。しかしこれらの画像がCGで生成できれば、その手数を大幅に減少させることができるからである。

【0005】 よって本発明の目的は、非写実的なレンダリングの一例としてセルアニメ調の彩色を実現するためのレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の第1の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法は、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対し予め設定されている明度に基づきポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第1ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第2ステップとを含む。

【0007】 これにより例えばグーロー・シェーディング等の手法により計算される第1の明度分布に比して少ないレベル数の第2の明度分布から色分布が生成されるので、セルアニメ調のべた塗りを実現することができる。

【0008】 本発明の第2の態様に係るレンダリング方法は、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベル（例えば実施の形態における明度範囲）から、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、第1ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づき色で当該画素

を描画する第2ステップとを含む。

【0009】第1及び第2ステップを1回だけ実行すればポリゴンの一部分だけが基準明度に基づく色で彩色されることになるが、第1及び第2ステップを明度レベルの数だけ繰り返せば、ポリゴン内部は、予め定義された複数の明度レベルごとに、対応する基準明度に基づく色で彩色が施されることになる。すなわち、セルアニメ調のべた塗りを実現することができる。

【0010】本発明の第2の態様においては、上で述べた第1ステップで明度レベルが選択される毎に、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに含み、上で述べた第2ステップを、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づくポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、上で述べた第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップとすることも可能である。

【0011】また、本発明の第2の態様においては、上で述べた第1ステップ以前に、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づいて、ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第4ステップをさらに含み、上で述べた第2ステップを、第1ステップで選択された明度レベルに対応付けられた色を、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色として当該画素を描画するステップとすることも可能である。

【0012】また、上で述べた第1ステップ以前に、ポリゴンの各頂点における明度を、立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに含むようにすることも可能である。この第5ステップを、ポリゴンの各頂点の明度を、各頂点の法線ベクトル及び光源情報に基づいて導出し、設定するステップ又はポリゴンに予め設定した色を考慮して行う立体モデルに対する光源計算により導出するステップとすることも可能である。

【0013】さらに上で述べた第1ステップを、予め定義された2又は3の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択するステップとすることも可能である。実際のセルアニメでは2又は3色で塗り分けられていることが多いためである。

【0014】本発明の第3の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置は、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対し予め設定されている明度に基づくポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計

算手段により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画手段とを有する。

【0015】また本発明の第4の態様に係るレンダリング装置は、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベル（例えば実施の形態における明度範囲）から、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、選択手段により明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づくポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段とを有する。

【0016】本発明の第1及び第2の態様に係るレンダリング方法における各ステップをコンピュータに実行させることにより、上で述べたレンダリング方法と同様の効果を得ることが可能となる。従って、記載された処理ステップをコンピュータ等のハードウェアを用いて実行することにより、これらのハードウェアで本発明のレンダリング技術が容易に実施できるようになる。

【0017】本発明の第5の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムは、コンピュータに、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づくポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第1ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第2ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0018】また本発明の第6の態様に係るレンダリングのためのプログラムは、コンピュータに、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、第1ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づくポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0019】本発明の第5及び第6の態様に係るプログラムは、例えばCD-ROM、フロッピーディスク、メモ리카ートリッジ、メモリ、ハードディスクなどの記録媒体又は記憶装置に格納される。このように記録媒体又は記憶装置に格納されるプログラムをコンピュータに読み込ませることで上で述べたレンダリング装置及び以下で述べるゲーム装置を実現できる。また、記録媒体によってこれをソフトウェア製品として装置と独立して容易に配布、販売することができるようになる。さらに、コンピュータなどのハードウェアを用いてこのプログラム

を実行することにより、これらのハードウェアで本発明のグラフィックス技術が容易に実施できるようになる。

【0020】また本発明の第6の態様に係るプログラムは、本発明の第2の態様に就いて述べた変形等を適用することができる。

【0021】さらに本発明の第7の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有している。そしてプログラムは、コンピュータに、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基きポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算機能と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計算機能により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画機能とを実施させる。

【0022】また本発明の第8の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有している。そしてプログラムは、コンピュータに、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択機能と、選択機能で明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点における明度に基きポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画機能とを実施させる。

【0023】さらに本発明の第9の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、読み出されたプログラムに従って、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点

に対して予め設定されている明度に基き前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、読み出されたプログラムに従って、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計算手段により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画手段とを有する。

【0024】本発明の第10の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、読み出されたプログラムに従って、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、読み出されたプログラムに従って、選択手段で明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点における明度に基きポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段とを有する。

【0025】

【発明の実施の形態】最初に、本発明をコンピュータ・プログラムにより実施する場合において当該コンピュータ・プログラムを実行するコンピュータ1000の一例を図1に示す。コンピュータ1000はコンピュータ本体101を含んでおり、このコンピュータ本体101は、その内部バス119に接続された演算処理部103、メモリ105、ハードディスク・ドライブHDD107、サウンド処理部109、グラフィックス処理部111、CD-ROMドライブ113、通信インターフェース115、及びインターフェース部117を含む。

【0026】このコンピュータ本体101のサウンド処理部109はスピーカであるサウンド出力装置125に、グラフィックス処理部111は表示画面を有する表示装置121に接続されている。また、CD-ROMドライブ113にはCD-ROM131を装着し得る。通信インターフェース115はネットワーク151と通信媒体141を介して接続する。インターフェース部117には入力装置161が接続されている。

【0027】演算処理部103は、CPUやROMなどを含み、HDD107やCD-ROM131上に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ1000の制御を行う。メモリ105は、演算処理部103のワークエリアである。HDD107は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。サウンド処理部109は、演算処理部103により実行されているプログラム

がサウンド出力を行うよう指示している場合に、その指示を解釈して、サウンド出力装置125にサウンド信号を出力する。

【0028】グラフィックス処理部111は、演算処理部103から出力される描画命令に従って、表示装置121の表示画面に表示を行うための信号を出力する。CD-ROMドライブ113は、CD-ROM131上のプログラム及びデータを読み出す。通信インターフェース115は、通信媒体141を介してネットワーク151に接続し、他のコンピュータ等と通信を行う。インターフェース部117は、入力装置161からの入力をメモリ105に出力し、演算処理部103がそれを解釈して演算処理を実施する。

【0029】本発明に係るプログラム及びデータは最初例えばCD-ROM131に記憶されている。そして、このプログラム及びデータは実行時にCD-ROMドライブ113により読み出されて、メモリ105にロードされる。演算処理部103はメモリ105にロードされた、本発明に係るプログラム及びデータを処理し、描画命令をグラフィックス処理部111に出力する。なお、中間的なデータはメモリ105に記憶される。グラフィックス処理部111は演算処理部103からの描画命令に従って処理をし、表示装置121の表示画面に表示を行うための信号を出力する。

【0030】次に図1に示されたグラフィックス処理部111の一例を図2を用いて詳細に説明する。グラフィックス処理部111は、内部バス119とのやり取りを行うバス制御部201、バス制御部201とデータのやり取りを行う幾何演算部207及び三角形描画処理部205、三角形描画処理部205からのデータを受け取り処理を実施するピクセルカラー処理部209、各画素のZ値を格納し且つピクセルカラー処理部209により使用されるZバッファ211、及びピクセルカラー処理部209からの表示画面用データを格納するフレーム・バッファ213を含む。なお、フレーム・バッファ213からの表示信号は、表示装置121に出力される。

【0031】グラフィックス処理部111のバス制御部201は、演算処理部103から出力された描画命令を内部バス119を介して受信し、グラフィックス処理部111内の幾何演算部207又は三角形描画処理部205に出力する。場合によっては、幾何演算部207又は三角形描画処理部205の出力を内部バス119を介してメモリ105に出力するための処理をも行う。幾何演算部207は、座標変換、光源計算、回転、縮小拡大等の幾何演算を実施する。幾何演算部207は、幾何演算の結果を、三角形描画処理部205に出力する。

【0032】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを生成する。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポ

リゴン内部の各点におけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。本発明では特に、三角形描画処理部205が透明度を表す α 値を三角形ポリゴン内部の各点について生成するので、ピクセルカラー処理部209は、この α 値が一定範囲内である場合にのみ、その点における色をフレームバッファ213の所定の位置に記憶する処理をも実施する。

【0033】例えば、演算処理部103が、グラフィックス処理部111に、世界座標系における三角形ポリゴンの各頂点の位置及び色並びに光源に関する情報をデータとし、透視変換及び光源計算を行う描画命令を出力した場合には、以下のような処理がグラフィックス処理部111内で実施される。

【0034】描画命令を受信したバス制御部201は命令を幾何演算部207に出力する。幾何演算部207は、透視変換及び光源計算を実施し、三角形ポリゴンの各頂点のスクリーン座標系における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。幾何演算部207は、この計算結果を三角形描画処理部205に出力する。三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点における座標値（Z値を含む）及び色を用いて、三角形ポリゴン内部の各画素における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。さらに、三角形描画処理部205は、この各画素における座標値（Z値を含む）及び色をピクセルカラー処理部209に出力する。

【0035】ピクセルカラー処理部209は、Zバッファ211から当該画素の現在のZ値を読み出して、三角形描画処理部205から出力されたZ値と比較する。もし、出力されたZ値が現在のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209は、出力されたZ値を当該画素に対応するZバッファ211内の記憶位置に格納し、当該画素の座標値に対応するフレーム・バッファ213内の記憶位置に当該画素の色を格納する。

【0036】以下に示す各実施の形態は、図1に示されたコンピュータによって実施される。

【0037】1. 実施の形態1

次に本発明の実施の形態1の概略を図3の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態1では、光源計算部400、明度計算部410、明度範囲テーブル430、描画用色計算部420、明度範囲設定部440、及び明度比較部455を含む描画部450を含む。

【0038】光源計算部400は、例えば仮想三次元空間に配置された立体モデル内のポリゴンの各頂点についてスクリーン上に透視変換を行い、透視変換されたポリゴンの各頂点について光源計算を行う。光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影（輝度）を計算するものである。次に、明度計算部410は、光源計算部400が計算したポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常光源計算部400はR

BG系における色を計算するので、明度計算部410はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。このポリゴンの各頂点における明度は、描画部450に出力される。

【0039】一方、実施の形態1においては、明度範囲テーブル430を用意しておく。この明度範囲テーブル430は、例えば図4のようなテーブルである。すなわち、しきい値と基準明度が対となったテーブルで、ここではしきい値0.75に対して基準明度0.75、しきい値0.5に対して基準明度0.50、しきい値0.0に対して基準明度0.25と三段階（レベル）に設定されている。なお、ここでは明度は0から1までの値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い（例えば図9参照）。この明度範囲テーブル430を参照して、描画用色計算部420は各しきい値に対応する描画用色を計算する。各しきい値に対応する描画用色は、しきい値に対応する基準明度と各ポリゴンに予め設定されている色の情報を用いて計算する。計算した描画用色を描画用色計算部420は描画部450に出力する。

【0040】明度範囲設定部440は、明度範囲テーブル430の1つのしきい値を選択して、描画部450に設定する。明度範囲設定部440は、図4のような明度範囲テーブル430をそのまま使用する場合に上から順番の一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、ランダムに選択・設定可能である。

【0041】描画部450は、明度計算部410から出力されたポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度（ポリゴンにおける明度分布）を計算する。この計算は例えば図2の三角形描画処理部205で行われる。補間の方式は、グーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0042】そして、この各画素における明度と明度範囲設定部440が設定したしきい値とを明度比較部455が比較し、もし画素における明度がしきい値以上であれば、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。もし画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。この比較処理を含む描画処理は例えば図2のピクセルカラー処理部209で行われる。明度範囲設定部440が明度範囲テーブル430の全てのしきい値について設定し、それに対応して描画部450がポリゴン内の全ての画素について処理を行えば、ポリゴン内部が図4の例では3段階に塗り分けられる。

【0043】なお、上で述べた処理では予め描画用色が計算されているので分かりにくいですが、上の処理は、各画素における明度（ポリゴンにおける明度分布）がその明度が属する明度範囲に対応する基準明度と置き換えられ

（ポリゴンにおける第2の明度分布が生成され）、ポリゴンに予め設定された色とその基準明度とから生成される描画用色（ポリゴンにおける色分布）で描画する処理と実質的に同じである。

【0044】なお、図4のような明度範囲テーブル430をそのまま使用する場合に、さらにZバッファによる隠面消去が必要となる。例えば図4に従えば、0.75以上という明度は0.5以上でも0.0以上でもあるから、重ねて描画用色が塗られないように明度範囲の上限値を設定するためである。もしある画素の明度が0.75以上であれば、このしきい値0.75に対応する描画用色でこの画素は描画され、その画素のZ値がZバッファに記憶される。

【0045】しきい値が0.5になった場合には、当該画素のZ値がZバッファから読み出され、書き込もうとする同じ画素のZ値と比較されるが、当然それらは同じであるから、しきい値0.5に対応する描画用色はその画素についてはフレーム・バッファに書き込まれない。しきい値0.0についても同じである。

【0046】また、ポリゴンの頂点及びポリゴン内部の画素における明度は、通常は透明度として使われる α という色（RGB）の属性値として取り扱われる。通常 α 値は0-255の範囲で定義されるので、実際に属性値 α には明度を255倍したものを使用する。よって、明度範囲テーブル430のしきい値（上限及び下限値）は0-255の範囲の値であっても良い。

【0047】次に、実施の形態1についての処理フローを説明する。

【全体の処理フロー】図5に実施の形態1の全体の処理フローを示す。処理が開始すると、まず仮想空間内の状態を設定する（ステップS2）。これは、例えば視点の位置を変更したり、光源の位置を変更したり、立体モデルを移動させたり、立体モデルを変形したりした場合に、それに応じて仮想空間内の状態を変更する処理である。次に、実施の形態1における立体モデル描画処理を実施する（ステップS3）。これについては図6を用いて詳細に説明する。そして、このステップS2及びS3を処理終了まで繰り返す（ステップS4）。

【0048】【立体モデル描画処理】では図6を用いて実施の形態1の立体モデル描画処理のフローを説明する。まず、初期設定を行う（ステップS23）。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル（例えば図4又は図9）を取得する。次に、その立体モデルのあるポリゴンに対し透視変換及び光源計算を行う（ステップS25）。透視変換は、世界座標系のポリゴンの各頂点の座標値をスクリーン座標系における座標値に変換するものである。光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影（輝度）を計算するものである。

【0049】なお、本発明において光源計算には2つの

手法がある。(A)ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び(B)マテリアルの色を考慮しない手法である。(A)の場合には、以下の式で計算する。

【数1】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LightMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LColorMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{nr} & 0 & 0 \\ 0 & P_{ng} & 0 \\ 0 & 0 & P_{nb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (1)$$

【0050】なお、 P_{n0} 、 P_{n1} 、 P_{n2} 、 N_{nx} 、 N_{ny} 、 N_{nz} 、 P_{nr} 、 P_{ng} 、 P_{nb} 、 C_{nr} 、 C_{ng} 、 C_{nb} の n は n 番目の頂点を示している。 N_{nx} は n 番目の頂点における法線の x 成分、 N_{ny} は n 番目の頂点における法線の y 成分、 N_{nz} は n 番目の頂点における法線の z 成分である。 LightMatrix は正規化光源ベクトルにより作られる行列であって、3つまで平行光源を定義できる場合を以下に示す。また、 LColorMatrix は光源から発せられる光線の色を成分として有しており、3つまで光源を定義できる場合を以下に示す。 M はポリゴンのマテリアルの色を意味し、 r g b はその成分を示す。(A)の場合の出力は、 C_{nr} 、 C_{ng} 、 C_{nb} である。

【数2】

$$\text{LightMatrix} = \begin{pmatrix} L_{0x} & L_{0y} & L_{0z} \\ L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\text{LColorMatrix} = \begin{pmatrix} LC_{0r} & LC_{0g} & LC_{0b} \\ LC_{1r} & LC_{1g} & LC_{1b} \\ LC_{2r} & LC_{2g} & LC_{2b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

【0051】なお、 L_{0x} 、 L_{0y} 、 L_{0z} は正規化光源ベクトル0の成分であり、 L_{1x} 、 L_{1y} 、 L_{1z} は正規化光源ベクトル1の成分であり、 L_{2x} 、 L_{2y} 、 L_{2z} は正規化光源ベクトル2の成分である。また、光源ベクトル0の光線の色は、 LC_{0r} 、 LC_{0g} 、 LC_{0b} が成分であり、光源ベクトル1の光線の色は、 LC_{1r} 、 LC_{1g} 、 LC_{1b} が成分であり、光線ベクトル2の光線の色は、 LC_{2r} 、 LC_{2g} 、 LC_{2b} が成分である。なお、色の各成分は0.0から1.0の間の値をとる。例えば、光源0のみ存在し、XYZ軸に対して45度の角度で白色光を使用する場合には、以下のような行列となる。

【数3】

$$\text{LightMatrix} = \begin{pmatrix} 0.5773 & 0.5773 & 0.5773 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\text{LColorMatrix} = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0052】また(B)の場合には以下の式で計算する。

10 【数4】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LightMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LColorMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0053】2つの計算式の結果は当然異なり、(A)の計算結果が正しい。但し、(B)は(A)に比し計算量が少ないので処理を高速化できる。なお、通常画像の質は変わらない。

【0054】次に、ポリゴンの各頂点における明度を計算する(ステップS27)。明度の計算ではYIQ変換を行う。頂点における色を上で述べた(A)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算する。

【数5】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} \quad (7)$$

30 【0055】頂点における色を上で述べた(B)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算する。

【数6】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} \quad (8)$$

【0056】なお、数値の入っている行列は、RGBからYIQへの変換のための 3×3 行列の第1行目である。念のため 3×3 行列(変換行列)を以下に示しておく。

40 【数7】

$$\begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & 0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0057】図7に透視変換前の立体モデルのデータ構造について示す。図7(a)は立体モデルのデータ構造で、三角形ポリゴンは全部でN個ある。各三角形ポリゴンは、図7(b)に示すように、マテリアルの色(YIQ)と、頂点データ・インデックス(IDX)を3つ有する。ここではマテリアルの色をYIQ系で有することにしてはいるが、RGB系で有していても良い。頂点デー

タIDXを用いれば、図7(c)に示す頂点データ・テーブルから頂点に関する情報を得ることができる。

【0058】頂点データ・テーブルには、各頂点データIDX毎に、当該頂点の三次元座標(P_{nx} , P_{ny} , P_{nz})と、法線ベクトル(N_{nx} , N_{ny} , N_{nz})が記憶されている(n は頂点番号)。透視変換を行うと、三角形ポリゴンのデータ構造は変化する。図7(b)に対応するものを図8に示す。各頂点毎に、スクリーン座標系における座標値(x , y , z)及び当該頂点における色(r , g , b)及び α 値を記憶することになる。この α 値を記憶する領域にステップS27で計算した明度を記憶する。また、以下で詳細に説明するが、三角形描画処理部205が処理を行う場合には、3つの頂点共色

(r , g , b)には明度範囲に対応する描画用色を格納する。なお、明度は0.0から1.0の範囲であるが、 α 値は0から255の整数であるから、 α 値としては明度の255倍したものを使用する。

【0059】では図6に戻って処理フローを説明する。ステップS27の後に、ポリゴンの描画用色を計算する(ステップS29)。ポリゴンの描画用色は、明度範囲テーブルに格納された各明度範囲に対応する基準明度と当該ポリゴンの色から計算する。例えばポリゴンの色をYIQ系の色として保持している場合には、YIQのうちIQのみを使用し、各基準明度 T_n を使用して以下の式で計算する。

【数8】

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_n \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad (10)$$

【0060】基準明度 T_n が3つあれば(T_1 , T_2 , T_3)、描画用色は3つ求まる。なお、ポリゴンの色をYIQ系の色として保持していない場合、すなわちRGB系の色として保持している場合には、上で示した変換行列でRGBからYIQへ変換する計算を行う。また、計算結果は異なるが、高速に描画用色を計算する必要がある場合には、以下のような計算を行う。

【数9】

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = T_n \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (11)$$

【0061】 M はポリゴンのマテリアルの色という意味である。上の2式では計算結果が異なり、画質も少し異なるが、二番目の方がほぼ同様の画像を高速に得ることができる。

【0062】次に明度範囲テーブルの明度範囲を選択する(ステップS31)。なお本実施の形態では図4に示した明度範囲テーブルを用いているが、図9のような明度範囲テーブルを用いることもできる。図9は上限及び下限により明度範囲が指定されたテーブルの例を示している。すなわち、明度範囲の上限1.00と下限0.7

5に対して基準明度0.75、明度範囲の上限0.74と下限0.50に対して基準明度0.50、明度範囲の上限0.49と下限0.00に対して基準明度0.25が設定されている。このような明度範囲テーブルを使用する場合には上限及び下限を含む明度範囲をランダムに選択し、設定することができる。但し図9は少数第2位まで有効なコンピュータの場合を示している。以下で説明する明度比較処理において各画素の明度と上限及び下限の2つの明度値との比較が簡単に行えない場合には、明度範囲を例えば図9の上から順番に選択する。そしてこの場合下限値のみで処理していくことになる。

【0063】この後、このポリゴンの頂点における明度を補間して、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)を計算する。頂点の色も補間されるが、3頂点共同し描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で描画する(ステップS33)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS31及びS33を、全ての明度範囲について処理するまで繰り返す(ステップS35)。

【0064】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面除去に使われるが、本実施の形態では明度の上限値比較機能と同様の効果を奏する。

【0065】例えば図4のような明度範囲テーブルがあった場合には、まずしきい値0.75を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴンの各頂点の明度及び座標(Z値を含む)を補間して、各画素の明度及び座標(Z値を含む)を計算して行く。なお、3頂点とも色をしきい値0.75に対応する描画用色に設定しておく、補間を行っても各画素の色は描画用色になる。

【0066】演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.75とを比較し且つ補間により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.75以上で且つ補間により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.75に対応する描画用色を書き込む。

【0067】このポリゴンの描画が初めてで、明度が0.75以上であれば描画用色が書き込まれる。図10

(a)に、三角形ポリゴン601及び三角形ポリゴン602の2つの例を示している。三角形ポリゴン601の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0、0、1、0、1、0に設定されている。また三角形ポリゴン602の頂点P21、P22、P23のそれぞれの明度は0、0、0、5、1、0に設定されている。上で述べた処理を実施すると、各三角形ポリゴン内の塗られている部分が描画用色で彩色される。

【0068】次に、しきい値0.5を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴン内部の各画素の明度及び座標（Z値を含む）を計算する。演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.5とを比較し且つ計算により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.5以上で且つ計算により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.5に対応する描画用色を書き込む。

【0069】もし、Zバッファ211を使用しないと、図10(b)のように、明度1.0から0.5の領域がしきい値0.5に対応する描画用色で彩色されてしまう。明度0.75以上の領域については、Zバッファ211に格納されたZ値と計算により求められたZ値とは同じであるから、明度0.75以上の領域についてはしきい値0.5に対応する描画用色はフレーム・バッファ213に書き込まれない。すなわち、図10(c)に示したように、明度0.5から0.74の領域と明度0.75以上の領域には異なる描画用色が彩色される。

【0070】図4の例で、しきい値0.0について同じように処理を行った結果を図11に示す。図11における三角形ポリゴン601の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0、0、1、0、1、0に設定されている。また三角形ポリゴン602の頂点P21、P22、P23のそれぞれの明度は0、0、0、5、1、0に設定されている。点線で囲まれた数字すなわち0.5及び0.75は明度のしきい値を示している。このように各三角形ポリゴンは3つの領域に分けられて描画用色が彩色されることになる。

【0071】図12にグーローシェーディングの結果を示す。図12における三角形ポリゴン611の頂点P31、P32、P33のそれぞれの明度は0、0、1、0、1、0に設定されている。また三角形ポリゴン612の頂点P41、P42、P43のそれぞれの明度は0、0、0、5、1、0に設定されている。すなわち各頂点の明度はそれぞれ図11に示した三角形ポリゴン601及び602と同じである。しかし、グーローシェーディングでは補間により滑らかに明度が変化しているの

に対し、図11では区分けされた領域の境界のみ明度が変化する。すなわち、明度がフラットである領域が3つ存在しており、セルアニメ調になっていることがわかる。

【0072】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くするため、図6ステップS35の繰り返しにおいては、最後の繰り返して下限値を0.0にしてステップS31及びS33を実施する。

【0073】以上ステップS25乃至S35までを全てのポリゴンについて処理するまで繰り返す（ステップS37）。これにより、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、セルアニメ調の画像を得ることができるようになる。さらに、これらの処理はコンピュータにて高速に実行することができるので、リアルタイムに描画できる。

【0074】上で述べた明度範囲テーブルは立体モデルごとに最適なものを作成する方がよい。但し、立体モデルをいくつかのカテゴリに分けて、そのカテゴリ毎に明度範囲テーブルを用意するようにしても良い。明度範囲テーブルに含まれる明度範囲数は、現実のセルアニメに合わせて、2又は3にすることが考えられる。但し、以上述べたような処理では図6のステップS35における繰り返し回数が増えるだけであるから、2以上のいずれの数にすることも容易に可能である。但し、繰り返し回数が増えるので数が増えれば処理は遅くなって行く。

【0075】2. 実施の形態2

実施の形態2は実施の形態1と異なり、描画用色をリアルタイムで計算するのではなく、予め計算しておき、データとして格納しておく。このようにすれば、実施の形態1より処理速度が速くなる。なお、実施の形態1ではポリゴンのマテリアルの色と明度範囲テーブルの基準輝度から計算していたので、ポリゴン1つ当たり一色分のデータを有していれば良かったが、実施の形態2ではポリゴン1つ当たり明度範囲テーブルの行数分の色データを保持する必要がある。

【0076】実施の形態2の機能ブロック図を図13に示す。実施の形態2では、光源計算部500、明度計算部510、明度範囲テーブル530、明度範囲設定部540、明度比較部555を含む描画部450、及び描画用色格納部520を含む。実施の形態1と異なる点は描画用色計算部420の代わりに描画用色格納部520が含まれることである。

【0077】描画用色格納部520は、例えば図4のような明度範囲テーブルを使用する場合には、各ポリゴンにつき3つの描画用色データを保管する必要がある。すなわち、ポリゴンがN個ある場合には、ポリゴン0の第1の明度範囲に対応する（ $C'_{0,1}$ 、 $C'_{0,2}$ 、 $C'_{0,3}$ ）、ポリゴン0の第2の明度範囲に対応する（ $C'_{0,1}$ 、 $C'_{0,2}$ 、 $C'_{0,3}$ ）、ポリゴン0の第3の明度範囲に対応す

る(C'00r, C'00g, C'00b)から、ポリゴンN-1の第1の明度範囲に対応する(C'100r, C'100g, C'100b)、ポリゴンN-1の第2の明度範囲に対応する(C'200r, C'200g, C'200b)、ポリゴンN-1の第3の明度範囲に対応する(C'300r, C'300g, C'300b)を保管する。

【0078】描画部550は、明度範囲設定部540により設定された明度範囲に対応する描画用色を描画用色格納部520から取り出す。描画用色格納部520は例えばCD-ROM131又はHDD107である。

【0079】光源計算部500は、例えば仮想三次元空間に配置された立体モデル内のポリゴンの各頂点についてスクリーン上に透視変換を行い、透視変換されたポリゴンの各頂点について光源計算を行う。次に、明度計算部510は、光源計算部500が計算したポリゴンの各頂点における色から明度Yを計算する。このポリゴンの各頂点における明度は、描画部550に出力される。例えば図4のような明度範囲テーブル530を用意されている場合には、明度範囲設定部540は、明度範囲テーブル530の1つのしきい値を上から順次選択して、描画部550に設定する。

【0080】描画部550では、明度計算部510から出力されたポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。ここでは各頂点のZ値も補間して、ポリゴン内部の各画素におけるZ値をも計算する。この計算は例えば図2の三角形描画処理部205で行われる。そして、この各画素における明度と明度範囲設定部540が設定したしきい値とを明度比較部555が比較し且つZバッファから当該画素の現在のZ値を取り出し補間により計算されたZ値と比較し、当該画素における明度がしきい値より大きく且つ現在のZ値より補間により計算されたZ値の方が小さい場合には、このしきい値に対応する描画用色で当該画素を描画する。

【0081】もし画素における明度がしきい値未満又は現在のZ値が補間により計算されたZ値以上である場合には、この画素をこの段階では描画しない。この比較処理を含む描画処理は例えば図2のピクセルカラー処理部209で行われる。明度範囲設定部540が明度範囲テーブル530の全てのしきい値について設定し、それに対応して描画部550がポリゴン内の全ての画素について処理を行えば、ポリゴン内部が図4の例では3段階に塗り分けられる。

【0082】【全体の処理フロー】図5に示された限りにおいて、実施の形態1の全体の処理フローは、実施の形態2でも同じである。すなわち、まず仮想空間内の状態を設定する(ステップS2)。次に、実施の形態2における立体モデル描画処理を実施する(ステップS3)。これについては図14を用いて詳細に説明する。そして、このステップS2及びS3を処理終了まで繰り返す(ステップS4)。

返す(ステップS4)。

【0083】【立体モデル描画処理】図14に実施の形態2における立体モデル描画処理のフローを示す。図6との差異は、図14のステップS53の初期設定の処理内容が図6のステップS23の処理内容と異なる点と、図6のステップS29が図14のステップS59と置き換わった点にある。すなわち、図6ではその都度描画用色を計算していたが、実施の形態2では予め計算且つ格納しておくので、ステップS53において描画する立体モデル用の描画用色データを予め取り込む処理が必要となる。また、ステップS59においてポリゴンの描画用色を読み出す処理が必要となる。なお、ステップS59をステップS55及びS57の前に行っても、ステップS61の後に行っても、それらのステップと並行して行っても良い。予め計算且つ格納されているので、実際に使用するまでに読み出せば良い。

【0084】では図14を具体的に説明する。まず初期設定を行う(ステップS53)。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル及び描画用色データを取得する。次に、その立体モデルのあるポリゴンに対し透視変換及び光源計算を行う(ステップS55)。実施の形態1で説明した(A)ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び(B)マテリアルの色を考慮しない手法は実施の形態2でも適用可能である。

【0085】次に、ポリゴンの各頂点における明度を計算する(ステップS57)。そして当該ポリゴンの描画用色を読み出す(ステップS59)。明度範囲テーブルの明度範囲を選択する(ステップS61)。ここでは図4のような明度範囲テーブルを使用することとし、図4の明度範囲を上から順番に選択・設定することにする。この後、このポリゴンの頂点における明度を補間して、当該ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。

【0086】そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で描画する(ステップS63)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS61及びS63を、全ての明度範囲について処理するまで繰り返す(ステップS65)。

【0087】ステップS63では、Zバッファ211を併用している。図4のような明度範囲テーブルがあった場合には、まずしきい値0.75を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴンの各頂点の明度及び座標(Z値を含む)を補間して、各画素の明度及び座標(Z値を含む)を計算して行く。演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.75とを比較し且つ補間により求められたその画素のZ値

とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。

【0088】もし画素の明度がしきい値0.75以上で且つ補間により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.75に対応する描画用色を書き込む。次に、しきい値0.5を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴン内部の各画素の明度及び座標（Z値を含む）を計算する。ピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.5とを比較し且つ計算により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。

【0089】もし画素の明度がしきい値0.5以上で且つ計算により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.5に対応する描画用色を書き込む。明度0.75以上の領域については、Zバッファ211に格納されたZ値と計算により求められたZ値とは同じであるから、明度0.75以上の領域についてはしきい値0.5に対応する描画用色はフレーム・バッファ213に書き込まれない。同様にしきい値0.0について処理する。

【0090】以上ステップS55乃至S65までを全てのポリゴンについて処理するまで繰り返す（ステップS67）。これにより、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、セルアニメ調の画像を得ることができるようになる。さらに、これらの処理はコンピュータにて高速に実行することができるので、リアルタイムに描画できる。特に、実施の形態2は実施の形態1より更に高速化されている。

【0091】3. その他の変形例

(1) 実施の形態1においては、立体モデル描画処理を表す図6でステップS25及びS27の後にポリゴンの描画用色を計算する処理をステップS29として実施することになっているが、ステップS33で描画用色を使用するまでに計算されれば問題は無い。よって、ステップS29を、ステップS25又はS27の前に行っても、ステップS25及びS27と並行して行っても、ステップS31の後に行っても、ステップS31と並行して行っても良い。

【0092】(2) 実施の形態1の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS27では、YIQ変換で光源計算後のポリゴンの頂点の明度Yを計算する。YIQ変換の結果であるI及びQは使用しないので計算しない方が高速であるが、既にYIQ変換を行うルーチン等が存在している場合には、それを用いてI及びQを計算しても良い。これについては実施の形態2でも同じであ

る。

【0093】(3) 実施の形態1の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS33では、ポリゴンの頂点のデータを補間してポリゴン内部の画素のデータを生成する。この処理は、一度行えばステップS35による繰り返して異なる明度範囲を選択・設定しても変わらないので、結果を保存しておき、使用するようにしても良い。これについては実施の形態2でも同じである。

【0094】(4) 実施の形態1の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS25では、透視変換を行うと共に光源計算を行っているが、透視変換はステップS33までに行えばよい。但し、ステップS35によるループの外に出したほうが、何回も透視変換しなくても済む。よって、ステップS25のタイミングで実行すれば計算量を減らすことができる。これについては実施の形態2でも同じである。

【0095】(5) 実施の形態2では、明度範囲に対応する描画用色を予め計算し且つ記憶しておくことにしているが、この予め計算する際の計算方法は、実施の形態1で説明した2つの方法のいずれでもよいし、又別の方法であってもよい。さらに、描画用色を一つ一つ定義していてもよい。実施の形態2では描画用色を予め用意しておくので、実行速度は速くなるが、用意されている描画用色以外の色に変更することは簡単にはできない。これに対し、実施の形態1のように明度範囲テーブルに定義されている基準明度を使用して実行時に計算する場合には、明度範囲テーブルを変更する又は基準明度を変更するだけで描画用色を適宜変更することができるという効果もある。

【0096】(6) 使用するハードウェアの変更
上で述べた実施の形態では、立体モデル描画処理（図5のステップS3）の一部の処理を、グラフィックス処理部111が実行するような実施の形態を開示したが、立体モデル描画処理全体をグラフィックス処理部111が行っても、演算処理部103が実行するようにしても良い。

【0097】また図1は一例であって、様々な変更が可能である。例えば、ゲーム装置ならば、HDD107を保持せず、プログラム及びデータをCD-ROM131のみから供給するようにすることも考えられる。その際、インターフェース部117にHDD107の代わりにデータを保存するためのメモ리카ードの読み書きインターフェースを備えるようにする。また、通信インターフェース115を備えるか否かは任意である。本発明は直接サウンド処理には関係しないので、サウンド処理部109を備えている必要は無い。

【0098】また、CD-ROM131は記録媒体の一例であって、フロッピー・ディスク、光磁気ディスク、DVD-ROM、メモ리카ートリッジ等他の記録媒体であってもよい。その場合には、CD-ROMドライブ1

13を対応する媒体に合わせたドライブにする必要がある。

【0099】さらに、以上は本発明をコンピュータ・プログラムにより実装した場合であるが、コンピュータ・プログラムと電子回路などの専用の装置の組み合わせ、又は電子回路などの専用の装置のみによっても実装することは可能である。その際、図5及び図6又は図14の各ステップに表される機能毎に装置を構成してもよいし、それらの一部又はそれらの組み合わせ毎に装置を構成することも考えられる。

【0100】以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、上記実施の形態では、通常のコンピュータをプラットフォームとして本発明を実現した場合について述べたが、本発明は家庭用ゲーム機、アーケードゲーム機などをプラットフォームとして実現しても良い。場合によっては、携帯情報端末、カーナビゲーション・システム等をプラットフォームにして実現することも考えられる。

【0101】また、本発明を実現するためのプログラムやデータは、コンピュータやゲーム機に対して着脱可能なCD-ROM等の記録媒体により提供される形態に限定されない。すなわち、本発明を実現するためのプログラムやデータは、図1に示す通信インターフェース115により、通信回線141を介して接続されたネットワーク151上の他の機器側のメモリに上記プログラムやデータを記録し、このプログラムやデータを通信回線141を介して必要に応じて順次メモリ105に格納して使用する形態であってもよい。

【0102】【表示例】図15に、本発明を使用しない場合、すなわちポリゴン内の各画素の色をポリゴンの頂点の色で補間した場合の画像の一表示例を示す。例えば画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、明度が自然に変化していく様子がわかる。一方、図16に、明度範囲（しきい値）が2つ定義された明度範囲テーブルを使用し且つ本発明のアルゴリズムにて描画した場合の画像の一表示例を示す。図16で使われている明度範囲テーブルを図17に示す。ここではしきい値0.3125に対して基準明度0.75、しきい値0に対して基準明度0.60と二段階に設定されている。図16は図15と異なり、画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、2段階の明度で塗り分けられていることが分かる。

【0103】本発明のアルゴリズムを使用することにより、セルアニメ調の画像を得ることができる。本発明では、フレーム・バッファへの書き込みの際に明度を格納する α 値と明度範囲を比較して所定の描画用色の書き込み可否を判断するという処理を余分に行うだけなので、従来技術により図15のような画像を生成したり、本発

明のアルゴリズムで図16のような画像を生成したりすることを簡単に切り替えられる。また、セルアニメーションを人間の手で描く場合には、例えばキャラクタの様々な状態の画像を作成するには大きな手数がかかる。また、セルアニメ調のゲームキャラクタが表示されるゲームにおいても、同様の理由によりあまり多くの角度からのキャラクタの画像を作成できない。しかし、本発明を用いれば容易に多数の状態におけるセルアニメ調の画像を得ることができ、その手数を大幅に減少させることができる。

【0104】

【発明の効果】以上のように、本発明のレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体によれば、明度のレベルに割り当てられた代表的な明度によってポリゴン内の色が定まるようにしたため、セルアニメ調の彩色を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプログラムを実行するコンピュータの一例を示すブロック図である。

【図2】図1におけるグラフィックス処理部の一例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1の機能ブロック図である。

【図4】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図5】本発明の全体の処理を示すフローチャートである。

【図6】実施の形態1の立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図7】ポリゴンモデルのデータ構造を示す模式図である。（a）は立体モデル全体のデータ構造を示し、

（b）は透視変換前の三角形ポリゴンのデータ構造を示し、（c）は頂点データ・テーブルのデータ構造を示している。

【図8】図7（b）に対応する透視変換後の三角形ポリゴンのデータ構造を示す。

【図9】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図10】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合において、処理の各段階を説明するための画像の一例である。（a）はしきい値0.75が設定された場合に描画される領域を示しており、（b）は実施の形態1においてZバッファを使用しない場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示しており、（c）は実施の形態1においてZバッファを使用した場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示している。

【図11】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合の画像の一例である。

【図12】従来技術により三角形ポリゴンを描画した場合における画像の一例である。

【図13】実施の形態2の機能ブロック図である。

【図14】実施の形態2における立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図15】従来技術によりレンダリングした画像の一表示例である。

【図16】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。

【図17】図16のレンダリングにおいて使用された明度範囲テーブルの一例を示す表である。

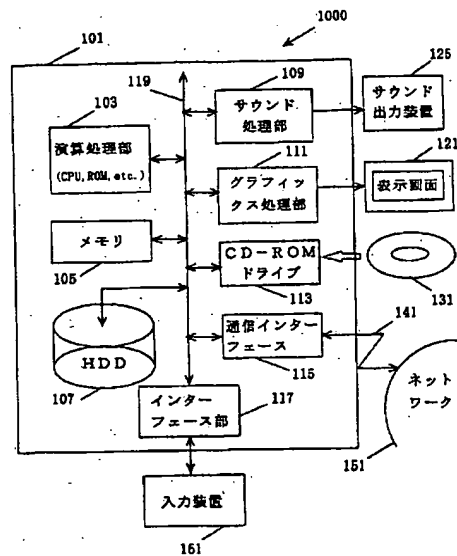
【符号の説明】

1000 コンピュータ 101 コンピュータ本体 103 演算処理部 105 メモリ 107 HDD 109 サウンド処理部 111 グラフィックス処理部 113 CD-ROMドライブ 115 通信インターフェース Mドライブ

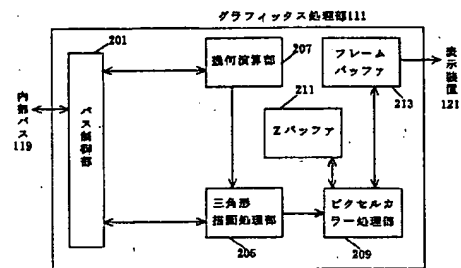
* 115 通信インターフェース 117 インターフェース部

119 内部バス 121 表示装置 125 サウンド出力装置 131 CD-ROM 141 通信媒体 151 ネットワーク 161 入力装置 400 光源計算部 410 明度計算部 420 描画用色計算部 430 明度範囲テーブル 440 明度範囲設定部 450 描画部 455 明度比較部 500 光源計算部 510 明度計算部 520 描画用色格納部 530 明度範囲テーブル 540 明度範囲設定部 550 描画部 * 555 明度比較部

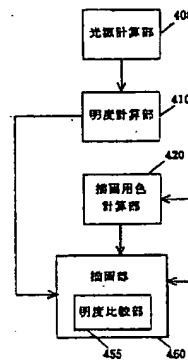
【図1】



【図2】



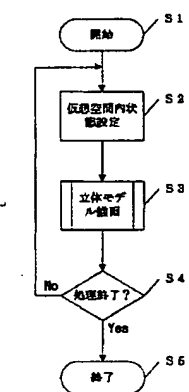
【図3】



【図4】

しきい値	基準明度
0.75	0.75
0.50	0.50
0.00	0.25

【図5】



【図8】

頂点	座標 (x, y, z)	色データ (r, g, b)	α値
頂点0	スクリーン座標 (x, y, z)	色データ (r, g, b)	α値
頂点1	スクリーン座標 (x, y, z)	色データ (r, g, b)	α値
頂点2	スクリーン座標 (x, y, z)	色データ (r, g, b)	α値

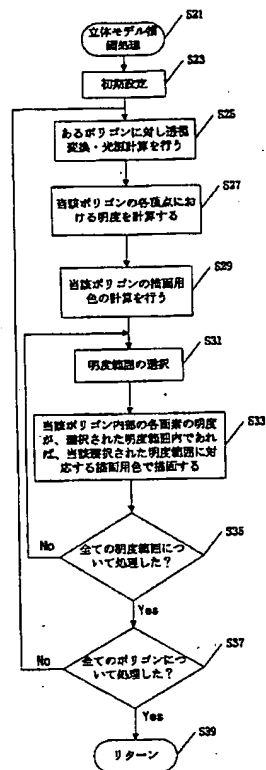
【図9】

明度範囲		基準明度
上界	下界	
1.00	0.75	0.75
0.75	0.50	0.50
0.49	0.00	0.25

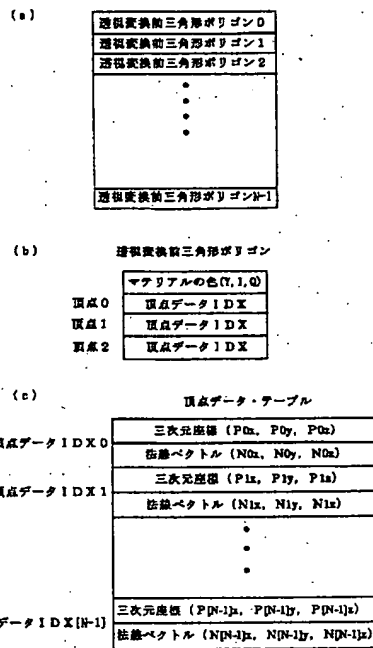
【図17】

しきい値	基準明度
0.3125	0.75
0	0.50

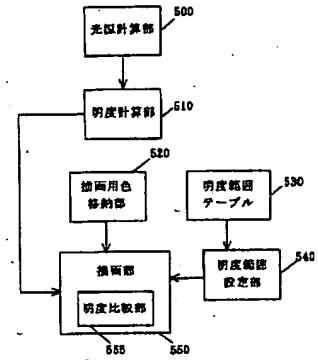
【図6】



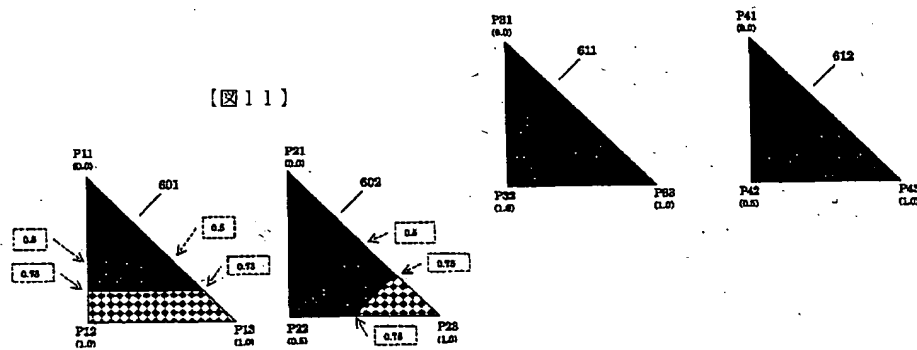
【図7】



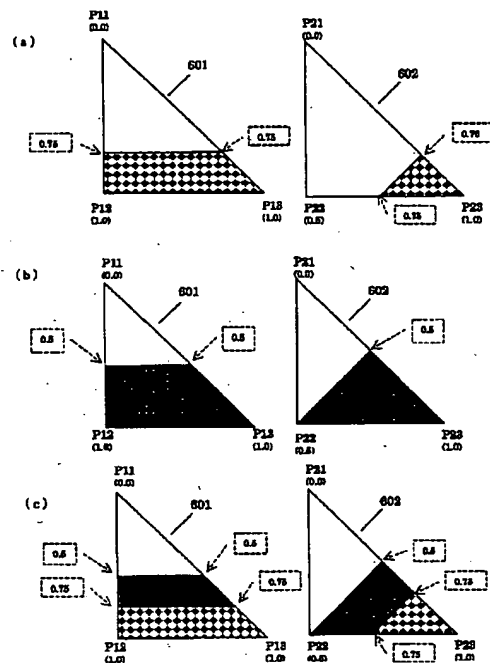
【図13】



【図12】



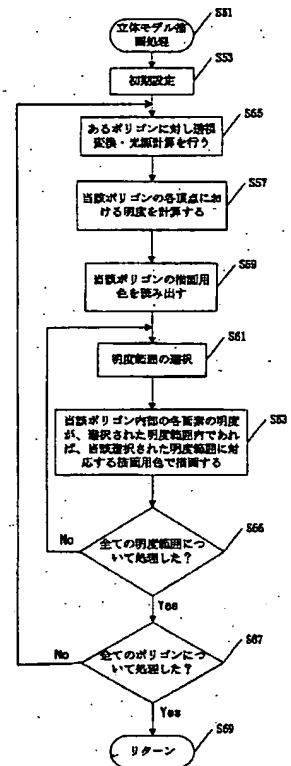
【図10】



【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2C001 BC00 BC06 CB01 CB02 CB06
CC02
5B050 AA03 BA12 EA27 FA02
5B080 AA14 BA04 GA02 GA13